

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

SE 98/02167

PCT/SE 98/02167
09 341101

REC'D 11 JAN 1999

WIPO PCT

E.J.U.

Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande Spectra Precision AB, Danderyd SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 9704398-8
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 1997-11-28
Date of filing

Stockholm, 1998-12-29

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Evy Morén
Evy Morén

Avgift
Fee

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

Spectra Precision ABAnordning och förfarande för att bestämma läget för en bearbetande del

5

Föreliggande uppfinning avser en anordning av det slag, som anges i ingressen till patentkravet 1, och ett förfarande av det slag, som anges i ingressen till patentkravet 14. Uppfinningen avser speciellt styrning av en arbetsmaskin, t.ex. en markutjämningsmaskin, lyftkran, mudderverk e.d.

10

UPPFINNINGENS BAKGRUND

15

Vid vägbyggen eller planläggning av mark t.ex. inför bebyggelse, park eller lekanläggning, fordonsuppställning e.d., används markberedningsmaskiner, som skall ge en förbestämd topografi hos ett markområde genom dels grävning och dels påläggning av material.

20

Det är härvid viktigt att de bearbetande verktygen på de verktygsmaskiner, som används, noggrant kan styras till exakt rätt bearbetningsnivå vid avsedda delområden i naturen. Styrningen skall helst även kunna fjärrstyras automatiskt, så att den önskade topografien i rätt placering inom ett område skall kunna skrivas in i ett dataprogram, och upplysningar beträffande lämplig bearbetning skall kunna ges löpande och automatiskt till fordonsföraren. Det skall även, där så är möjligt, kunna ges en automatiskt styrning av verktygsmaskinen för att utföra viss bearbetning helt automatiskt.

25

Detta innebär att man för markbearbearbetande verktyg vill hålla reda på det exakta läget för deras arbetsredskaps position i rummet, vinkelläge i både horisontal- och vertikalriktning samt deras arbetsriktning.

5 BESKRIVNING AV BESLÄKTAD TEKNIK

US-A-4,807,131 (Clegg Engineering) beskriver ett markberedningssystem med användning av ett instrument med en horisontalplan-identifierande roterande svepstråle, och en på en markberedningsmaskin placerad höjdindikator för träff av svepstrålen. Höjdindikatorn är placerad direkt på maskinens bearbetande verktyg, t.ex. på bladet till en grävska. Dessutom kan en separat positionsgenerator vara placerad på maskinen och samverka med ett elektroniskt distansmätande instrument för att ge maskinens position i det område, som skall bearbetas. Signalerna från de olika ovan nämnda indikatorer matas till en dator, som får uppgift om önskad topografi hos markområdet via förbestämda, sammansatta data, sammanställer mätvärdena och ger indikation för styrning av maskinens bearbetande verktyg. Detta arrangemang med positionssensorn på maskinen och höjdsensorn på bladet löser ej problemet att bestämma bladets position i ett fast koordinatsystem vilket även påpekas i US-5,612,864 (Caterpillar Inc). Enligt detta patent löses problemet genom att två positionssensorer placeras på bladet, varvid bladets lutning i ena riktningen relativt maskinen mäts med en vinkelsensor och maskinens orientering extraheras ur mätdata tagna under maskinens rörelse.

Att placera positionsdetektorer på bladet innebär dock två stora nackdelar:

- 25 A. Detektorn eller detektorerna skymms ibland av maskinen om de inte placeras på höga master vilket minskar noggrannheten och tillförlitligheten. Detektorn eller detektorerna måste ju kunna samverka med en mätstråle hur maskinen än kan tänkas vrida och vända sig under arbetets gång.

- B. Detektorn eller detektorerna blir mycket utsatta för åverkan under bearbetningen, smuts, vibrationer, mekanisk åverkan etc.

Att bestämma orientering och lutning via maskinrörelserna är dessutom en långsam metod och ej heller entydig om maskinen kan backa eller förflyttas i sidled.

Likaså är positions- och höjdbestämning med GPS-teknik eller med elektroniska vinkel- och distansmätande ofta ej tillräckligt snabb för att kunna mäta in position och framför allt höjd med tillräcklig noggrannhet vid snabba förflyttningar.

- 10 Det finns andra typer av system, som avser fjärrstyrning av en eller flera maskiner på en arbetsplats med hjälp av flera geodetiska instrument. Varje instrument kan automatiskt ställa in sig mot och följa en reflektor och ger information om avstånd och vinkelläge i både vertikal och horisontell riktning mot reflektorn. Där gäller det att den markberedande maskinen skall få lägesinformation av enbart ett av distansmätinstrumenten. Det gäller då att diskriminera bort informationen från de övriga.

Den internationella ansökningen WO 95/34849 (Contractor Tools) beskriver ett sådant system, där man har en horisontell ring av reflektorer och styrbart kan utnyttja enbart den reflektorn, som är inriktad mot det distansmätinstrumentet, som skall utnyttjas i varje givet ögonblick. Enbart maskinens koordinatposition mäts upp.

25 Den internationella ansökningen WO 95/28524 (Caterpillar) visar styrning av ett flertal markberedningsmaskiner, där den aktuella positionen hos varje maskin med hjälp av positionsgivande arrangemang, t.ex. en GPS-mottagare (GPS = Global Position System) placerad upptill på varje maskin. En basreferensstation är placerad i närheten av maskinerna. Styr- och korrektionsinformation för maskinerna överförs mellan basreferensstationen och maskinerna.

UPPFINNINGENS SYFTEN

Ett syfte med uppfinningen är att åstadkomma en styrning resp. styrindikering av en markberedningsmaskin, som ger möjlighet till fullgod styrning av maskinen med så få utanför maskinen placerade mätenheter som möjligt.

Ett annat syfte med uppfinningen är att åstadkomma en styrning av en markberedningsmaskin, där det är indikeringen av arbetsläge och arbetsriktning av den bearbetande delen av maskinens arbetsverktyg som är det väsentliga, men där inverkan av den bearbetande delens skakningar, ogynnsamma miljö, skymda lägen etc undanröjs.

Ytterligare ett syfte med uppfinningen är att åstadkomma en direkt positionsbestämning och automatisk följning av den bearbetande delen av maskinens bearbetande del under arbetsoperationen.

Ännu ett syfte med uppfinningen är att åstadkomma stor flexibilitet i uppställning av ett mätsystem i förhållande till arbetsmaskinen i kombination med stort arbetsområde, hög noggrannhet och fjärr- och/eller närindikerbar positionering.

Ännu ett syfte med uppfinningen är att åstadkomma ett flexibelt system, som är användbart för uppmätning av det momentana arbetsläget och arbetsriktningen för olika typer av arbetsmaskiner, t.ex. markberedningsmaskiner, grävmaskiner, lyftkranar m.fl.

Ännu ett syfte är att åstadkomma en momentan, kontinuerlig och korrekt läges- och riktningindikering av en markberedningsmaskin under arbete t.o.m. under snabba rörelseförlopp.

SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

- 5 Ovan angivna syften uppnås med en anordning, som erhållit de i den kännetecknande delen av patentkravet 1 angivna särdragen. Ytterligare egenskaper och vidareutvecklingar samt ett förfarandet anges i de övriga patentkraven.

- 10 Teknikområdet för uppfinningen hänför sig till en anordning och ett förfarande för att bestämma läget för en bearbetande del av ett verktyg på en arbetsmaskin i ett fast markbundet koordinatsystem. För att åstadkomma detta utan att placera utrustning på den bearbetande delen behöver positionen hos en punkt på maskinen (x, y, z), samt maskinens lutning (f_x och f_y i förhållande till lod) och dess orientering kring en vertikal axel (f_z) i detta fasta koordinatsystem bestämmas. Dessutom måste den
- 15 bearbetande delens position i förhållande till den inmätta punktens position i ett lokalt maskinbundet koordinatsystem vara känd. Antingen är denna placering fast och känd, eller också kan olika metoder användas för att bestämma lägesrelationen som t ex bygger på givare av t ex potentiometer- eller resolvertyp som placeras vid länkarna som kopplar verktyget till maskinen. Sådana metoder är tidigare kända och
- 20 behandlas ej i detta sammanhang.

- Uppfinningen omfattar ett system med en lägesbestämmande apparatur innefattande minst en detektorutrustning placerad på ett ägnat ställe på arbetsmaskinen för att bestämma detta ställes position i ett fast koordinatsystem, minst en lägesrelationsan-
- 25 ordning för att bestämma maskinens lutning och/eller orientering (lutning och orientering sammanfattas i fortsättningen under benämningen orientering) i samma fasta koordinatsystem samt med en en accelerometeranordning. Den bearbetande delens lägesrelation i förhållande till detektorutrustningen i ett maskinbundet

koordinatsystem förutsätts känd. Dessutom ingår en beräkningsanordning som med signaler från den positionsbestämmande apparaturen och lägesrelationsanordningarna beräknar den bearbetande delens läge i det fasta koordinatsystemet. Uppfinningen kännetecknas också av att den lägesbestämmande apparaturen innefattar en orienteringsmätande anordning så att apparaturen mäter momentant såväl position som orientering av nämnda ställe hos arbetsmaskinen i det fasta koordinatsystemet, och att beräkningsanordningen omräknar mätresultatet från den lägesbestämmande apparaturen och lägesrelationsanordningarna till att ge den bearbetande delens momentana såväl position som orientering i det fasta koordinatsystemet.

Den positions- och orienteringsbestämmande apparaturen kan innefatta dels en relativt sett långsam, noggrann bestämninganordning, som med tidsintervall noggrant mäter det aktuella läget och orienteringen hos maskinen, och dels en snabb bestämninganordning, som reagerar på positions- och/eller orienteringsändringar för att beräkna och uppdatera bestämningen mellan de nämnda tidsintervallen. Denna snabba bestämninganordning behöver då endast vara korttidsstabil eftersom en långsam drift korrigeras genom uppdatering från den långsammare anordningen.

Den relativt långsamma, noggranna positions- och orienteringsbestämningen kan ske med hjälp av en stationär mätstation, t.ex. ett geodetiskt instrument med automatisk målinriktning eller en radionavigeringsantenn, t.ex. för GPS (Global Positioning System), placerad i närheten av arbetsmaskinen för lägesbestämning i samverkan med detektoranordningen. Lutningarna kan också bestämmas med t ex inklinometrar och orienteringen kring vertikalaxeln t ex med kompass eller med ett nordsökande gyro.

Den korttidsstabila bestämninganordningen kan därvid innefatta en accelerometeranordning hos maskinen för mätning av accelerationen hos maskinen i minst en

riktning, företrädesvis i flera inbördes olika riktningar, varvid beräkningsenheten dubbelintegrerar den eller de indikerade accelerationerna och uppdaterar senaste beräkningsresultatet av positionen i det fasta koordinatsystemet.

- 5 Vid behov av en snabb bestämning av en orienteringsändring utnyttjas företrädesvis ytterligare en accelerometer eller ett gyro för varje axel kring vilken vridning skall bestämmas. Signalerna från dessa givare används efter lämplig integrering samt omvandling från maskinens koordinatsystem till ett fast koordinatsystem, till att uppdatera lägesbestämningar för maskinen i det fasta koordinatsystemet. Ett lämpligt
- 10 sätt att sammanväga informationen från de långsammare och de snabba givarna på ett optimalt sätt är att använda sig av Kalmann-filtrering.

- Företrädesvis görs mätning och beräkning i intervaller ständigt under det att maski-
- 15 nen är i verksamhet. Beräkningsenheten beräknar efter varje mätning position, samt eventuellt arbetsriktning och arbetshastighet hos den bearbetande delen av verktyget under användande av senaste och tidigare beräkningsresultaten för läge. Beräkningsenheten kan även utnyttja tidigare beräkningsresultat för att förutsäga trolig placering, orientering, arbetsriktning och hastighet en viss tid i förväg för arbetsmaskinens bearbetande del.

20

FÖRDELAR MED UPPFINNINGEN

- 25 Med uppfinningen har man skapat ett mätsystem, som är enkelt att använda och som dessutom är relativt billigt. Redan befintliga stationer för inmätning av ett område kan utnyttjas för att styra arbetsmaskinerna. Detta innebär att specialutrustning för stationerna inte behöver köpas in eller forslas till arbetsplatsen speciellt för att användas vid uppfinningen.

Genom att det är själva arbetsmaskinens position och orientering, som mäts, och den bearbetande delens läge därefter beräknas med hjälp av signaler från lägesrelationsanordningarna, erhålls ett system, som kan utnyttja separata styr- och sensorsystem av vilket slag som helst för maskinen, speciellt beträffande beredningsmaskiner och grävmaskiner. Känsliga vridindikatorer på själva den skakande bearbetande delen kan undvikas.

KORT FIGURBESKRIVNING

Uppfinningen beskrivs närmare nedan under hänvisning till de bifogade ritningarna, där

FIG. 1 visar schematiskt en grävmaskin med en första utföringsform av ett mätsystem enligt uppfinningen,

FIG. 2 visar ett blockschema på en accelerometeranordning,

FIG. 3 visar en andra utföringsform av ett system enligt uppfinningen

FIG. 4 visar en utföringsform av en reflektorplacering på grävmaskinen i fig. 3,

FIG. 5A visar en utföringsform av en detektorenhet använd vid mätsystemet enligt uppfinningen,

FIG. 5B visar ett första utförande av en detektor för anordningen i fig. 5A,

FIG. 5C visar ett andra utförande av en detektor för anordningen i fig. 5A,

FIG. 6 visar schematiskt en grävmaskin med en tredje utföringsform av ett mätsystem enligt uppfinningen.

FIG. 7 visar ett blockschema för ett helt mätsystem enligt uppfinningen.

FIG. 8 visar en bild på en bildskärm i grävmaskinens styrhytt

DETALJERAD BESKRIVNING AV OLIKA UTFÖRINGSFORMER AV UPPFINNINGEN

Utföringsform 1

Enligt den i figur 1 visade utföringsformen är ett geodetiskt instrument 1 uppställt på ett markområde, som skall bearbetas. Instrumentet 1 är t.ex. ett elektroniskt distansmätinstrument 2 med integrerad avstånds- och vinkelmätning av den typ, som kallas totalstation och som marknadsförs av SPECTRA PRECISION AB, dvs med kombinerad avancerad elektronik och datateknik. Instrumentets 1 position och horisontalvinkelläge mäts först upp på gängse sätt välkänt för fackmannen. Detta kan exempelvis göras genom mätningar mot punkter i området med förbestämda positioner, t.ex. kyrktorn e.d.

Ett geodetiskt instrument ger både avstånd och vertikal- och horisontalriktning mot ett mål, varvid avståndet mäts mot en reflektor, t.ex. av kubhörnstyp. Ett geodetiskt instrument är dessutom försett med en dator med inskrivbara data för mätningar som skall utföras och lagring av under mätningar erhållna data. Företrädesvis används för uppfinningen ett obemannat geodetiskt instrument, vilket innebär att instrumentet automatiskt söker efter och ställer in sig mot och följer ett avsett mål. Detta kan utgöras av samma reflektor som används för avståndsmätningen eller något annat

aktivt mål som beskrivs senare. Det geodetiska instrumentet beräknar positionen för ett mål i ett fast markbaserat koordinatsystem.

5 En arbetsmaskin i form av en markberedningsmaskin 3, t.ex. en markskrapmaskin, är för den långsammare, noggranna positionsmätningen i denna utföringsform försedd med en reflektorenhet 4 t ex ett kubhörnsprisma i en placering på maskinen, som är väl synlig från det geodetiska instrumentet 1, hur än maskinen vrider och vänder sig, på maskinens tak i detta fall, samt med en orienteringsbestämmande enhet 5a, 5b och en anordning 6 innefattande minst en accelerometer för accelera-
10 tionsavkänning och eventuellt ytterligare en accelerometer eller en gyroenhet för rotationsavkänning.

Ett kubhörnsprisma reflekterar tillbaka en infallande stråle i motsatt riktning, även om infallsriktningen mot det är relativt sned. Det är väsentligt att reflektorenhet 4
15 inte vänder en icke reflekterande sida mot instrumentet 1. Den bör därför företrädesvis bestå av en uppsättning kubhörnsprismor placerade i ring omkring en axel.

Maskinens orientering i ett fast koordinatsystem i denna utföringsform bestäms av enheten 5a, 5b som t ex innehåller två lutningsgivare 5a för att bestämma lutningen
20 mot en lodaxel i två vinkelräta riktningar samt en elektronisk kompass eller ett nordsökande gyro 5b för att bestämma orienteringen i ett fast koordinatsystem t ex i förhållande till nord.

Det är väsentligt att systemet kan följa snabba förlopp, eftersom maskinen under sitt
25 arbeta kan vicka till genom att den kör på en sten eller ner i en grop. En möjlighet till en kortidsstabil noggrann och snabb bestämning av positions- och orienteringsändringar i det maskinbundna koordinatsystemet, för efterföljande omvandling till det fasta koordinatsystemet, bör därför finnas. Med en sådan möjlighet kan positions-

och riktningsändringar bestämmas i intervallet mellan de långsammare positions- och orienteringsbestämningen av maskinen via totalstationen.

5 Därför är accelerometeranordningen 6 placerad på maskinen för indikering av snabba rörelser. Denna anordning 6 bör företrädesvis avkänna snabba rörelser och rotation hos maskinen i olika riktningar, för att ge en fullgod funktion. Ett minimi-krav är dock att anordningen avkänner acceleration utmed en axel hos maskinen, och då företrädesvis dess normalt vertikala axel (z-axeln), eftersom noggrannhetskraven normalt är hårdast i denna riktning, då avsikten med markberedningen normalt är att 10 åstadkomma en viss bearbetningsnivå i vertikalled. Företrädesvis bör dock anordningen 6 avkänna acceleration och/eller rotation i förhållande till tre olika axlar hos maskinen.

15 Accelerationsmätarna kan vara av vilken konventionell typ som helst och beskrivs och exemplifieras icke närmare, eftersom de icke utgör någon del av den egentliga uppfinningen. Deras utsignaler dubbelintegreras med avseende på tiden, för att ge en positionsändring. Detta kan ske i enheten 6 eller i en datorenhet 20 (se fig 8). De beräkande positionsförändringarna ges i maskinens koordinatsystem men omräknas sedan till det fasta koordinatsystemet, så att maskinens rörelser i det fasta koordinat-systemet hela tiden blir det som löpande indikeras. Dessa indikeringar sker med så 20 korta intervall som är lämpade för det använda styrsystemet.

25 Det geodetiska instrumentet 1 kan ge absolutbestämningar av reflektorenhetens position i det fasta koordinatsystemet med ett tidsintervall på ca 0.2 - 1 sek, varvid data från anordningen 6 ger stöttning av mätsystemet däremellan.

Den markbearbetande delen 7, dvs skrapdelen på maskinens 3 skrapblad 8, är det, som egentligen skall indikeras i det fasta koordinatsystemet till läge, vridning i

horisontell och vertikal riktning samt helst även beträffande sin rörelseriktning och rörelsehastighet.

Maskinens egen lägesrelationsgivare (ej visad) ger underlag för beräkning av skrapdelens 7 momentana position i maskinens koordinatsystem. Avkänning och beräkning av skrapbladets momentana inställning i förhållande till maskinen med geometriska beräkningar är välkänd teknik och behöver därför icke beskrivas närmare.

Kombinationen av information från de olika sensorerna till en slutlig position och orientering i det fasta koordinatsystemet sker lämpligen i huvuddatorn 20. En lämplig metod att erhålla en optimal kombination av informationen från de olika sensorerna för bestämning av aktuell position och orientering är användande av Kalmann-filtrering.

Figur 2 visar schematiskt en accelerometeranordning 6 för avkänning utmed en axel hos maskinen och med rotationsavkänning kring en vinkelrät axel. Därvid avkännes accelerationerna a_1 och a_2 med accelerometer ACC 1 och ACC 2. Genom kombination av dessa två mätvärden och med kännedom om avståndet d mellan accelerometerna kan vridning och acceleration hos någon vald punkt (A) beräknas. Genom tre likadana uppsättningar kan givetvis acceleration längs och vridning kring tre axlar bestämmas. Som alternativ eller komplettering kan rotationsändringarna kring en eller flera axlar bestämmas m h a gyron.

Utföringsform 2

Markberedningsmaskinen 3 i figur 3, är för den långsammare, noggranna orienteringsbestämningen kring vertikalaxeln i denna utföringsform försedd med två reflektorenheter 4a och 4b i en placering på maskinen, som är väl synlig från det geodetiska instrumentet 1. I utföringsformen enligt fig. 3 är de placerade med en i huvudsak fast placering i förhållande till varandra och maskinen. Möjligheten att ha

reflektorena flyttbara mellan olika "fasta" positioner för att få en lämplig orientering i förhållande till mätinstrumentet är uppenbar. Var och en av dem bör företrädesvis bestå av en uppsättning kubhörnsprismor placerade i ring omkring en axel.

- 5 Maskinens tredimensionella placering och orientering i ett fast, eller i förhållande till mätinstrumentet definierat, koordinatsystem uppmäts genom mätningen mot reflektorenheterna 4a och 4b, vilka har en bestämd eller bestämbar placering i maskinens koordinatsystem. Genom bestämning av reflektorens positioner i det fasta koordinatsystemet kan då maskinens orientering i detta koordinatsystem
- 10 bestämmas, vilket innebär att transformationen mellan koordinatsystemen blir definierad.

- 15 Reflektorenheterna 4a och 4b i figur 3 har var sin inriktningsindikator 12 och 13, som ger riktningsanvisning för det geodetiska instrumentet beträffande det mål eller den reflektor, mot vilken dess momentana inriktning skall göras i och för mätning mot detta mål. Riktningsindikatorn kan vara av olika typer bara den riktar in det geodetiska instrumentet automatiskt mot den mätreflektor, som för ögonblicket skall tjäna som mål för mätningen.

- 20 Riktningsindikatorerna är dock i den i figur 3 visade utföringsformen lyselement, företrädesvis med en speciell modulation och våglängdskaraktär särskiljbar från omgivningsljuset, och visas här placerade under sin respektive målreflektor och företrädesvis så att deras ljus syns från alla håll. Det geodetiska instrumentet 1 är härvid lämpligen under själva avståndsmätaren 2 försett med en sökar- och inställ-
- 25 ningsenhet 14, som söker mot en ljussignal, och därvid med samma modulation och våglängdskaraktär som lyselementen. Var och en av inriktningsindikatorerna 12 och 13 kan lämpligen bestå av flera lyselement arrangerade i en ring på samma sätt som reflektorena för att täcka en stor horisontalvinkel.

Lyselementen i 12 och 13 tänds omväxlande med varandra i sådan takt att sökar- och inställningsenheten 14 hinner ställa in sin inriktning mot det lysande av lyselementen, och mätning av avstånd och inriktning mot dess tillhörande mål hinner göras. Mätning utförs i sekvens mot de båda reflektorenheterna 4a och 4b.

Alternativt kan tre (eller flera) reflektorenheter med lyselement vara placerade på förbestämda platser på maskinen, varvid mätning mot dessa mål med beräkningar ger position, inriktning och orientering av maskinen i ett tredimensionellt fast koordinatsystem.

Figur 4 visar en annan utföringsform av en målenhet 30, mot vilken det geodetiska instrumentet 1 kan mäta för att få lägesdata för maskinen 3. Målenheten innefattar i detta fall en skiva 31, som roterar omkring en mot skivan normal axel 32. Ett mål, här i form av en reflektor 33, t.ex. en ring av reflektorer av kubhörnstyp, är monterad nära skivans 31 periferi. Det väsentliga med denna utföringsform är att reflektorn 33 roterar omkring en axel 32, varför den istället kan vara monterad på en roterande arm (icke visat). Den som reflektor utformade detektorenheten 33 är således flyttbar mellan positioner med bestämbara lägen i förhållande till arbetsmaskinen och en indikeringsenhet t ex en encoder (icke visad) indikerar kontinuerligt läget.

Ett ytterligare alternativt sätt för bestämning av maskinens orientering är att använda en servostyrd optikenhet som automatiskt inriktar sig mot det geodetiska instrumentet. Med t ex en encoder kan optikenhetens inriktning avläsas i maskinens koordinatsystem. En utföringsform av detta visas i figur 5A - 5C. Minst en servostyrd optikenhet 26-29 inriktar sig mot det geodetiska instrumentet. I detta fall är optikenheten sammanbyggd med reflektorn, vilket ger fördelen att denna kan bestå av ett enkelt prisma och ej en prismaring. Dock kan enheterna också vara separerade. För

optikenheten är det lämpligt att utnyttja det geodetiska instrumentets mätstråle eller en med denna parallell stråle.

I den i figur 5A visade utföringsformen är optikenheten 26 placerad bredvid den i snitt visade reflektorn 25. Optikenheten består av en lins eller linssystem 27 och en positionskänslig detektor 28. Linsen/linssystemet fokuserar mätstrålen på detektorn 28, som t.ex. är en kvadrantdetektor, såsom visas i figur 5B. Det geodetiska instrumentets 1 mätstråle kan härvid användas även för inriktningsanordningen om strålen är tillräckligt bred. Alternativt och ur teknisk synpunkt företrädesvis är dock instrumentet försett med en extra ljuskälla, t.ex. laser, som mot enheten 26 - 28 sänder en smal ljusstråle, som då kan ha helt annan karaktär, t.ex. annan våglängd, än den mot reflektorn 25 sända mätstrålen, och är parallell med och anordnad med samma avstånd från mätstrålen som rörets 26 centerlinje från reflektorns 25 centerlinje.

Ett tredje alternativ är att placera ett kubhörnsprisma för inriktning på referensstationen (icke visat) och en ljuskälla 23 (streckat ritad) intill optikenheten (26-28). Då fås en från prismet reflekterad stråle som fokuseras på kvadrantdetektorn då optikenheten är rätt inriktad mot stationen.

Vid användning av en kvadrantdetektor 28 kan servostyrningen ske så, att deldetektorerna får så likartad belysning som möjligt. Dylika detektorer är i och för sig välkända, liksom deras användning vid olika typer av servostyrningsarrangemang 29, och beskrivs därför icke närmare.

Optikenheten är rörligt och styrbart monterad på maskinen och eventuellt integrerad med reflektorn. Genom servostyrningen av servomotorer (icke visade) inriktas optikenheten så, att signalerna från detektorn 28 balanseras, vilket innebär att

enheten är orienterad i mätstrålens riktning. Inriktning i förhållande till arbetsmaskinen kan avläsas t.ex. med någon typ av enkoder, eller med annan typ av avkänning av de styrda servomotorernas momentana inställningslägen.

- 5 Ovanstående inriktning kan ske i både horisontell och vertikal led, men komplexiteten reduceras avsevärt om man begränsar sig till styrning i horisontal led. Detta är ofta tillräckligt då maskinens lutning normalt är måttlig i förhållande till normalplanet. I ett sådant fall kan detekteringen göras med hjälp av en i sidled långsträckt detektor och en cylinderlins som samlar strålningen inom ett visst vertikalvinkelområde mot detektorn. Eftersom figur 5A visar en tvärsektion stämmer den även vid denna utföringsform. Detektorn kan utgöras av t ex en endimensionell rad av element av t ex CCD-typ, såsom visas i figur 5C.

- 10 Kännedom om riktningen från det geodetiska instrumentet till lägesdetektorn, vilket
15 ges av det geodetiska instrumentet, tillsammans med enkoderavläsningen, som ger maskinens orientering i förhållande till det geodetiska instrumentet, ger således maskinens orientering i ett fast koordinatsystem.

- 20 Servostyrningen av målreflektorn gör att man ständigt får information om fordonets inriktning i förhållande till det geodetiska instrumentet 1.

Utföringsform 3

- 25 I de ovan beskrivna utföringsformerna har positionsmätning skett genom mätning mot ett eller flera mål på mätföremålet från en geodetiskt instrument 1. Positions-
mätning kan även ske med hjälp av radionavigation, t.ex. GPS (Global Position System), genom att placera en eller flera radionavigationsantennor på mätföremålet och en på en stationär station vid sidan av.

I den i figur 6 visade utföringsformen sitter en radionavigationsantenn 50, som här visas mottaga signaler från ett antal GPS-satelliter 49, vid periferien på en roterande skiva 51 på den övre delen av en grävmaskin 52. Antennpositionen indikeras i en radionavigations-mottagare 55 i minst två förbestämda rotationslägen hos skivan 51 i relation till grävmaskinen 52. Skivan roterar så långsamt att antennpositionen i varje rotationsläge kan indikeras med noggrannhet men ändå så snabbt, att normala rörelser hos grävmaskinen inte inverkar menligt på mätresultatet.

En referensstation 1' med en annan radionavigationsantenn 53 med mottagare 54 är monterad på en station, som är placerad på ett förbestämt ställe i naturen med känd position något vid sidan av den mark, som skall bearbetas. En differentiell positionsbestämning erhålls genom radioöverföring mellan radionavigationsmottagaren 54 och beräkningseheten 20 i maskinen 52. Man beräknar maskinens momentana position med s.k. RTK-mätning (Real Time Kinematic). En beräkning av detta slag är i och för sig välkänd och behöver inte beskrivas närmare.

Den enda skillnaden mot tidigare utföringsformer är att positionsbestämningen mot målet/målen görs med GPS-teknik i stället för genom mätning med totalstation. I övrigt kan orienteringsbestämning och bestämning av snabba förflyttningar och vridningar ske på samma sätt som beskrivits i tidigare utföringsformer.

Gemensamt blockschema

Figur 7 visar ett blockschema enligt uppfinningen som är tillämpligt på samtliga utföringsformer. Det kan påpekas att, vid positionsbestämning med ett geodetiskt instrument, positionsdata för målet samlas in i referensstationen 1 och överförs till maskinen via radiolänk, medan i GPS-fallet det är korrektionsdata från mottagaren 54 som överförs från referensstationen 1' till maskinen och att positionsdata

framräknas i beräkningsenheten 20 med utgångspunkt från data från mottagarna 54 och 55.

5 Beräkningsenheten 20 beräknar således genom sammanställning av data från referensstationen 1 och i GPS-fallet mottagaren 55 tillsammans med data från orienteringssensorer 5, accelerometeranordning 6 och givare för relativ position 11, skrapbladets momentana läge i det fasta koordinatsystemet, dvs omvandlat från maskinens koordinatsystem. Givarna för relativ position 11 kan t ex utgöras av encodrar eller potentiometergivare kopplade till länkarna som förbinder den bearbe-
10 tande delen med maskinen. Beräkningsenheten 20 är företrädesvis placerad i maskinen.

Den önskade markberedningen i det fasta koordinatsystemet är inprogrammerad antingen i det geodetiska instrumentets 1 eller företrädesvis maskinens 3 dator 20.
15 Denna är försedd med en presentationsenhet 9, företrädesvis en bildskärm, som för maskinskötaren (icke visad) presenterar dels hur maskinen 3 och dess skrapblad 8 skall manövreras utifrån det momentant befintliga läget och dels dess momentana avvikelser från önskad manövrering. Alternativt och företrädesvis sker en automatisk styrning av bearbetningsdelen till avsedd höjd och orientering med hjälp av
20 styrutrustningen 12 bestående av t ex hydrauliska manöverorgan som styrs från enheten 20.

Maskinskötaren måste ibland göra avvikelser från närmast till hands liggande arbetsmönster på grund av hinder av olika slag, såsom stenar e.d., som inte finns
25 medtagna i den i det geodetiska instrumentet inprogrammerade kartbilden på önskad struktur hos markberedningsområdet.

Det är även möjligt att för maskinsköturen på bildskärmen 9 visa en inprogrammerad kartbild på önskad beredning och skrapdelens 7 befintliga läge och rörelseriktning i kartbilden. Information mellan det geodetiska instrumentet 1 och maskinen 3 kan skickas trådlöst i båda riktningar, såsom antyds med den zickzackade förbindelsen 10. Datorn i den ena eller den andra av dessa enheter kan väljas att utgöra den huvuddator, som utför de väsentliga beräkningarna användbara för maskinens 3 arbete med skrapbladet, men företrädesvis görs detta i enheten 20. Det väsentliga här är att beräkning av skrapbladets position och orientering görs i det fasta koordinat-systemet, oavsett var, att det geodetiska instrumentet och elektroniska enheter i maskinen har dataöverförande förbindelse med varandra, och att maskinsköturen får en lättfattlig presentation av vad som skall göras och vad som är färdigt.

Figur 8 visar ett exempel på en bild, som kan presenteras för maskinsköturen på presentationsenheten 9. Här överlagras en bild av skrapbladet med en inriktningsmarkering på en kartbild med önskad profil över markberedningsområdet, varvid bilden av skrapbladet ju förflyttar sig över kartbilden under arbetets gång. Presentationsenheten 9 kan vara delad och även visa en profilbild med skrapbladet placerat vertikalt över eller under önskad marknivå och med angivande av höjdskillnad gentemot denna.

Den verkliga marknivån behöver inte visas. Dock kan det vara lämpligt att visa markpartier med den önskade höjden tydligt i bilden för maskinsköturen, så att han vet var han skall sätta in sitt arbete. Det är då möjligt att ha en funktion, som ger markpartier med en liten skillnad inom en förbestämd toleransnivå mellan verklig och önskad nivå en förbestämd färg, t.ex. grön.

Det är även möjligt att, t.ex. såsom visas streckat i kartbilden, visa en skuggbild av skrapbladet för att indikera att det ännu inte befinner sig på rätt nivå. Det ser därvid

ut som om skrapbladet svävar över marken, och maskinskötarens får en åskådlig indikering av hur djupt maskinen måste skrapa för att få skuggbilden att föras ihop med bilden av skrapbladet. Det är vid uppfinningen lämpligt att det är de önskade nivåerna för markberedningen som visas på kartbilden, varför det är skuggbildens läge som indikerar var skrapbladet befinner sig normalt mot kartans plan. Kartbilden över den verkliga markstrukturen är ointressant att visa i detta sammanhang.

Beräkning av position och vridning av maskinen både i vertikal och horisontell riktning görs i det fasta koordinatsystemet, samt efterföljande beräkning av skrapbladets momentana position och vridningsvinklar efter omvandling från maskinens koordinatsystem till det fasta koordinatsystemet. Därefter följer en ny sekvens med samma mätningar och beräkningar med efterföljande beräkning av skrapbladets förflyttning från förra mätningen, varigenom bladets riktning och hastighet erhålls och presenteras på presentations-enheten 9.

Dessa mätsekvenser upprepas under maskinens skraparbete, varigenom maskinskötarens hela tiden under arbetets gång får momentana data beträffande skrapbladets läge, inriktning, förflyttningsriktning och hastighet i det fasta koordinatsystemet och således får en mycket god uppfattning om hur arbetet fortlöper gentemot den önskade markberedningen, och hur maskinen skall manövreras.

Det geodetiska instrumentet kan endast utföra sina inställningar och mätningar i en relativt långsam takt i det fasta koordinatsystemet. Accelerometeranordningen utnyttjas för att uppdatera mätresultaten i mellantiderna. En speciell fördel med denna uppdateringsfunktion mellan uppgraderingarna med det geodetiska instrumentet är att, eftersom mätning mot de båda måtten 4a och 4b i fig. 3 ju inte kan genomföras samtidigt, det är möjligt att med uppdateringen åstadkomma, att

fördröjningen mellan de sekventiella mätningarna mot reflektorerna blir kompenserad.

5 Genom att maskinens förflyttningsriktning och hastighet beräknas löpande är det även lämpligt att av tidigare beräkningsdata framräkna en förutsägbar placering och orientering för både maskin och bearbetande del en viss tid i förväg. Hur sådana beräkningar utförs med hjälp av de senaste och tidigare beräknade data är uppenbart för fackmannen och beskrivs därför icke närmare.

10 Många modifieringar av de visade utföringsformerna är möjliga inom den ram, som ges av de bifogade patentkraven. Det är således möjligt att ha blandformer med både prismor och radionavigations-antennor som lägesdetektor-enheter. T.ex. kan en geodetiskt instrument läges- och rotationsinriktningsbestämmas med hjälp av en eller fler radionavigations-antennor, t.ex. en på det geodetiska instrumentet och en ett stycke på avstånd från den. Andra typer av arbetsmaskiner än de visade, där man vill
15 ha löpande information om position, vinkellägen och arbetsriktning under arbetets gång, som t.ex. lyftkranar, mudderverk e.d, lämpar sig utmärkt att förses med uppfinningen. Varje angiven beräkningsenhet är lämpligen en dator eller ett delfprogram i en dator, såsom är brukligt nuförtiden.

PATENTKRAV

1. Anordning för att bestämma läget för en bearbetande del av ett verktyg på en arbetsmaskin med en lägesbestämmande apparatur (1, 4, 5a, 5b, 6; 1, 4a, 4b, 5a, 5b, 6; 31, 33; 49, 50, 51, 1', 53) innefattande minst en detektorutrustning (4, 5a, 5b, 6; 4a, 4b, 5a, 5b, 6; 31, 49, 50, 51, 53) placerad på ett ägnat ställe på arbetsmaskinen (3; 52) för att bestämma detta ställes position i ett fast koordinatsystem, samt med minst en lägesrelationsanordning (11) för att bestämma den bearbetande delens lägesrelation i förhållande till detektorutrustningen i ett maskinbundet koordinatsystem, samt en beräkningsanordning (20) som med signaler från den positionsbestämmande apparaturen och lägesrelationsanordningen beräknar den bearbetande delens läge i det fasta koordinatsystemet,

kännetecknad av att

den lägesbestämmande apparaturen innefattar en lutnings- och orienteringsmätande anordning (5a, 5b, 20; 4a, 4b, 20; 31, 20; 51, 20) så att apparaturen mäter momentant såväl position som orientering av nämnda ställe hos arbetsmaskinen i det fasta koordinatsystemet, och att beräkningsanordningen (20) omräknar mätresultatet från den lägesbestämmande apparaturen och lägesrelationsanordningen till att ge den bearbetande delens momentana position och/eller orientering i det fasta koordinatsystemet.

2. Anordning enligt krav 1, **kännetecknad** av att den lägesbestämmande apparaturen innefattar minst en detektorenhet (4) placerad fast på arbetsmaskinen och en norrsökande enhet (5b), såsom ett norrsökande gyro eller en elektroniskt avkännbar kompass, för momentan avkänning av arbetsmaskinens inriktning i förhållande till norr.

3. Anordning där den lägesbestämmande apparaturen innefattar en stationär mätstation (1;1') placerad i närheten av arbetsmaskinen för lägesbestämning i samverkan med detektoranordningen, enligt krav 1, **kännetecknad** av att den positions- och orienteringsbestämmande apparaturen innefattar antingen minst två detektorenheter (4a, 4b) anordnade i fasta positioner relativt arbetsmaskinen, vilka i samverkan med den stationära stationen ger positioner fast i rummet för sina placeringar och vilkas inbördes uppmätta positioner ger orienteringen i rummet för den del av arbetsmaskinen där de är placerade, eller minst en rörlig detektorenhet (33;50) flyttbar mellan positioner med bestämbara lägen i förhållande till arbetsmaskinen.

4. Anordning enligt krav 3, **kännetecknad** av att lägesdetektorenheten (33;50) är vridbar omkring en på avstånd från den placerad axel (32) i förhållande till arbetsmaskinen, varvid mätning mot lägesdetektorenheten indikeras när den intar bestämbara vinkellägen runt axeln i förhållande till arbetsmaskinen.

5. Anordning enligt krav 1, **kännetecknad** av minst en på arbetsmaskinen placerad rörligt monterad och styrbar optikenhet (26-28,23), som inriktar sig mot den stationära mätstationen med hjälp av antingen den stationära stationens mätstråle eller en med denna parallell stråle eller en stråle utsänd från optikenheten och reflekterad i ett prisma hos den stationära stationen, varvid optikenhetens orientering i förhållande till arbetsmaskinen indikeras och överförs till beräkningsenheten (20) för bestämning av arbetsmaskinens orientering i det fasta koordinatsystemet.

6. Anordning enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att varje lägesdetektorenhet är minst en radionavigations-antenn (50, 53) med mottagare.

7. Anordning enligt något av kraven 1 - 5, **kännetecknad** av att den lägesbestämmande apparaturen innefattar ett geodetiskt instrument (1;1') med målsökningsfunk-

tion placerat på avstånd från arbetsmaskinen (3) och mätande mot minst ett mål, t.ex. en reflektor, på arbetsmaskinen.

5 8. Anordning enligt krav 7, **kännetecknad** av att varje mål (4a,4b) är försett med en inriktningsindikator (12,13), som ger riktningsanvisning för det geodetiska instrumentet beträffande det mål, mot vilket dess momentana målsökning skall göras i och för mätning mot detta mål.

10 9. Anordning enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att beräkningsanordningen (20) är försedd med en inlagrad kartbild med önskad topografi över ett område, som skall bearbetas, och beräknade data för den bearbetande delen presenteras till läge och vinkellägen relativt kartbilden på en presentationsenhet (9)(fig. 8).

15 10. Anordning enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att den positions- och orienteringsbestämmande apparaturen innefattar dels en relativt långsam, noggrann bestämninganordning (1,4; 1,4a,4b;53,50,51), som med tidsintervall noggrant mäter det aktuella läget och orienteringen hos maskinen, och dels en relativt snabb bestämninganordning

20 ACC; ACC1,ACC 2; 6), som reagerar på positions- och/eller orienteringsskillnad mot tidigare bestämning eller bestämningar för att beräkna och uppdatera bestämningen mellan de nämnda tidsintervallen.

25 11. Anordning enligt krav 10, **kännetecknad** av att den relativt snabba bestämninganordningen innefattar minst en accelerometeranordning (6; ACC 1; ACC 1, ACC 2) hos maskinen för mätning av accelerationen hos maskinen i minst en riktning, företrädesvis i flera inbördes olika riktningar, varvid beräkningsenheten (20) integrerar den eller de indikerade accelerationerna och uppdaterar senaste beräkningsresultatet av positionen i det fasta koordinatsystemet.

12. Anordning enligt krav 10, **kännetecknad** av att den relativt snabba bestämningsanordningen innefattar minst en rotationsindikeringsanordning (6) för rotation runt minst en axel hos maskinen.

5

13. Anordning enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att beräkningsenheten (20) av tidigare beräkningsresultat beräknar trolig position, orientering, arbetsriktning och hastighet en viss tid i förväg för arbetsmaskinens bearbetande del.

10

14. Förfarande för att bestämma läget för en bearbetande del av ett verktyg på en arbetsmaskin, varvid arbetsmaskinens position bestäms på minst ett ägnat ställe på arbetsmaskinen i ett fast koordinatsystem, samt den bearbetande delens lägesrelation i förhållande till det ägnade stället bestäms i ett maskinbundet koordinatsystem, samt den bearbetande delens läge beräknas i det fasta koordinatsystemet,

15

kännetecknat av

mätning momentant av såväl position som orientering av nämnda ställe hos arbetsmaskinen i det fasta koordinatsystemet, och beräkning av den bearbetande delens momentana position och/eller orientering i det fasta koordinatsystemet med hjälp av resultatet av den momentana mätningen.

20

15. Förfarande enligt krav 14, **kännetecknat** av placering fast på arbetsmaskinen av minst en detektorenhet (4) och en norrsökande enhet (5b), såsom ett norrsökande gyro eller en elektroniskt avkännbar kompass för momentan avkänning av arbetsmaskinens inriktning i förhållande till norr.

25

16. Förfarande där lägesbestämningen sker med hjälp av en stationär mätstation (1;1') placerad i närheten av arbetsmaskinen för lägesbestämning i samverkan med

detektoranordningen, enligt krav 14, **kännetecknat** av att den positions- och orienteringsbestämningen sker antingen mot minst två detektorenheter (4a, 4b) placerade i fasta positioner relativt arbetsmaskinen, vilka i samverkan med den stationära stationen ger positioner fast i rummet för sina placeringar och vilkas inbördes uppmätta positioner ger orienteringen i rummet för den del av arbetsmaskinen där de är placerade, eller mot minst en rörlig lägesdetektorenhet (33;50), som flyttas mellan positioner med bestämbara lägen i förhållande till arbetsmaskinen.

17. Förfarande enligt krav 16, **kännetecknat** av vridning av lägesdetektorenheten (33;50) omkring en på avstånd från den placerad axel (32) i förhållande till arbetsmaskinen; mätning mot lägesdetektorenheten när den intar bestämbara vinkellägen runt axeln i förhållande till arbetsmaskinen.

18. Förfarande enligt krav 14, **kännetecknat** av rörlig montering av minst en styrbar optikenhet (26-28,23) på arbetsmaskinen; inriktning av optikenheten mot den stationära mätstationen med hjälp av antingen den stationära stationens mätstråle eller en med denna parallell stråle eller en stråle utsänd från optikenheten och reflekterad i ett prisma hos den stationära stationen; indikering av optikenhetens orientering i förhållande till arbetsmaskinen; beräkning för bestämning av arbetsmaskinens orientering i det fasta koordinatsystemet.

19. Förfarande enligt något av kraven 14 - 18, **kännetecknat** av att mätningen momentant av såväl position som orientering utförs med hjälp av minst en radionavigations-antenn (50, 51) med mottagare.

20. Förfarande enligt något av kraven 14 - 18, **kännetecknat** av att mätningen momentant av såväl position som orientering utförs med hjälp av ett geodetiskt

instrument (1;1') med målsökningsfunktion placerat på avstånd från arbetsmaskinen (3) och mätande mot minst ett mål, t.ex. en reflektor, på arbetsmaskinen.

5 21. Förfarande enligt krav 20, **kännetecknat** av riktningsanvisning för det geodetiska instrumentet beträffande det mål, mot vilket dess momentana målsökning skall göras i och för mätning mot detta mål.

10 22. Förfarande enligt något av kraven 14 - 21, **kännetecknat** av inlagring av kartbild med önskad topografi över ett område, som skall bearbetas i en beräkningsanordning, och beräkning av data för den bearbetande delen och presentering av det till läge och vinkellägen relativt kartbilden på en presentationsenhet (9)(fig. 8).

15 23. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** av att positions- och orienteringsbestämningen utförs dels med en relativt långsam bestämning för att med tidsintervall mäta den aktuella positionen och/eller orienteringen hos maskinen, och dels med en relativt snabb bestämning (ACC1, ACC2, 6), som reagerar på positions- och/eller orienteringsskillnad mot tidigare bestämning eller bestämnings för att beräkna och uppdatera bestämningen mellan de nämnda tidsintervallen.

20 24. Förfarande enligt krav 23, **kännetecknat** av att vid den relativt snabba bestämningen:

accelerationsmätning i minst en riktning, företrädesvis i flera inbördes olika riktningar;

25 integrering av den eller de indikerade accelerationerna; och uppdatering av senaste beräkningsresultatet av positionen och/eller orienteringen i det fasta koordinatsystemet.

25. Förfarande enligt krav 23, **kännetecknat** av att vid den relativt snabba bestämningen utförs minst en rotationsindikering för rotation runt minst en axel hos maskinen.

5. 26. Förfarande enligt något av kraven 14 - 25, **kännetecknat** av beräkning med ledning av tidigare beräkningsresultat av trolig position, orientering, arbetsriktning och hastighet en viss tid i förväg för arbetsmaskinens bearbetande del.

SAMMANDRAG

Uppfinningen avser en anordning och ett förfarande för att bestämma läget för en bearbetande del av ett verktyg på en arbetsmaskin med en lägesbestämmande apparatur (2, 4, 5, 6; 2, 4a, 4b, 5, 6'; 31, 33; 49, 50, 51, 1', 53). Minst en detektorutrustning (4, 5, 6; 4a, 4b, 5, 6'; 31, 33; 49, 50, 51, 53) är placerad på ett ägnat ställe på arbetsmaskinen (3; 52) för att bestämma detta ställes position i ett fast koordinatsystem. Minst en lägesrelationsanordning (11) för att bestämmer den bearbetande delens lägesrelation i förhållande till detektorutrustningen i ett maskinbundet koordinatsystem. En beräkningsanordning (20) beräknar med signaler från den positionsbestämmande apparaturen och lägesrelationsanordningen den bearbetande delens läge i det fasta koordinatsystemet.

Den lägesbestämmande apparaturen innefattar en lutnings- och orienteringsmätande anordning (5, 20; 4a, 4b, 20; 31, 20; 51, 20) så att apparaturen mäter momentant såväl position som orientering av nämnda ställe hos arbetsmaskinen i det fasta koordinatsystemet. Beräkningsanordningen (20) omräknar mätresultatet från den lägesbestämmande apparaturen och lägesrelationsanordningen till att ge den bearbetande delens momentana position och/eller orientering i det fasta koordinatsystemet.

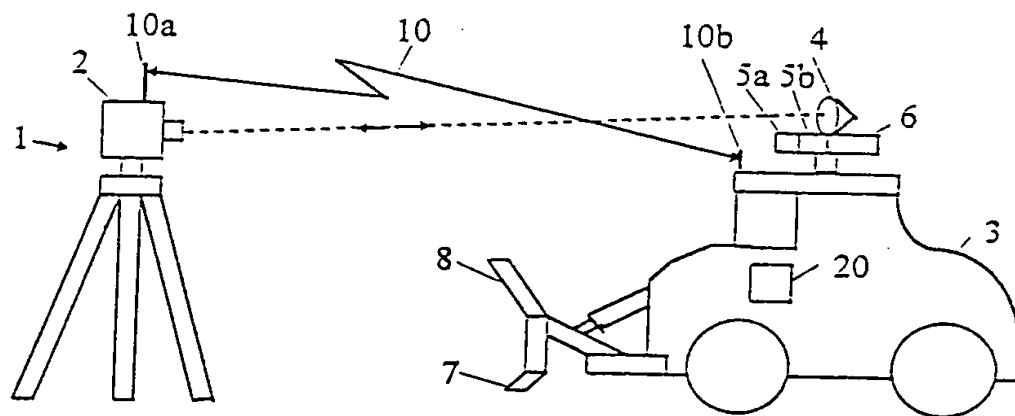


FIG 1

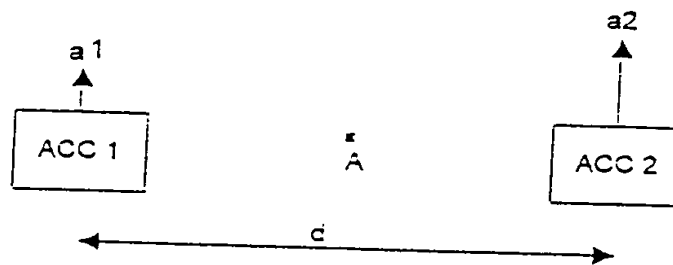


FIG 2

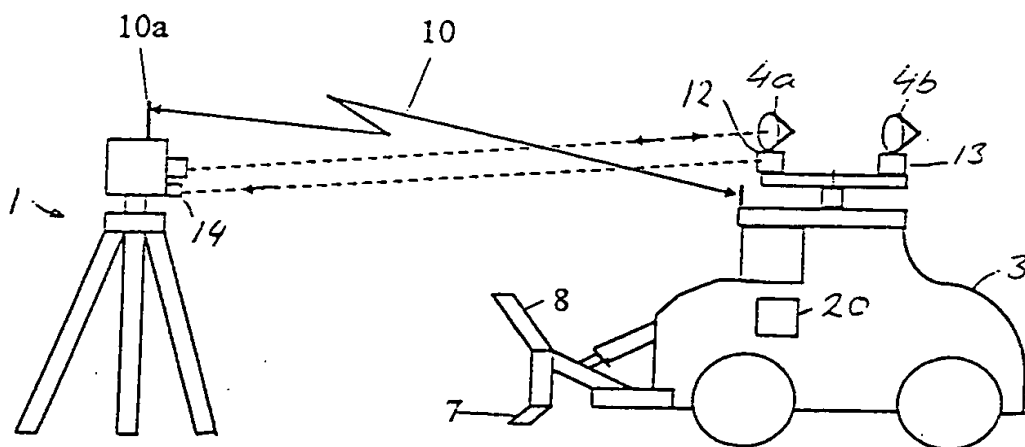


FIG 3

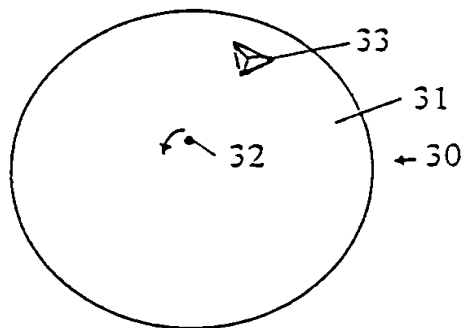


FIG 4

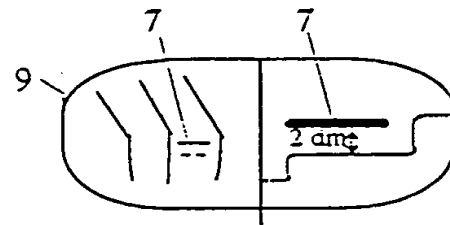


FIG 8

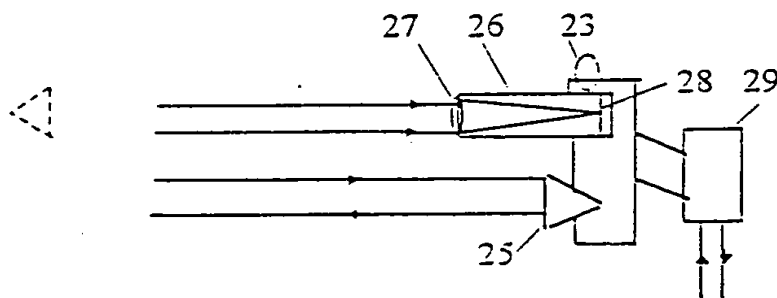


FIG 5A

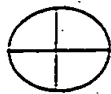


FIG 5B

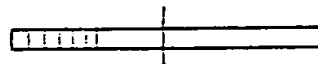


FIG 5C

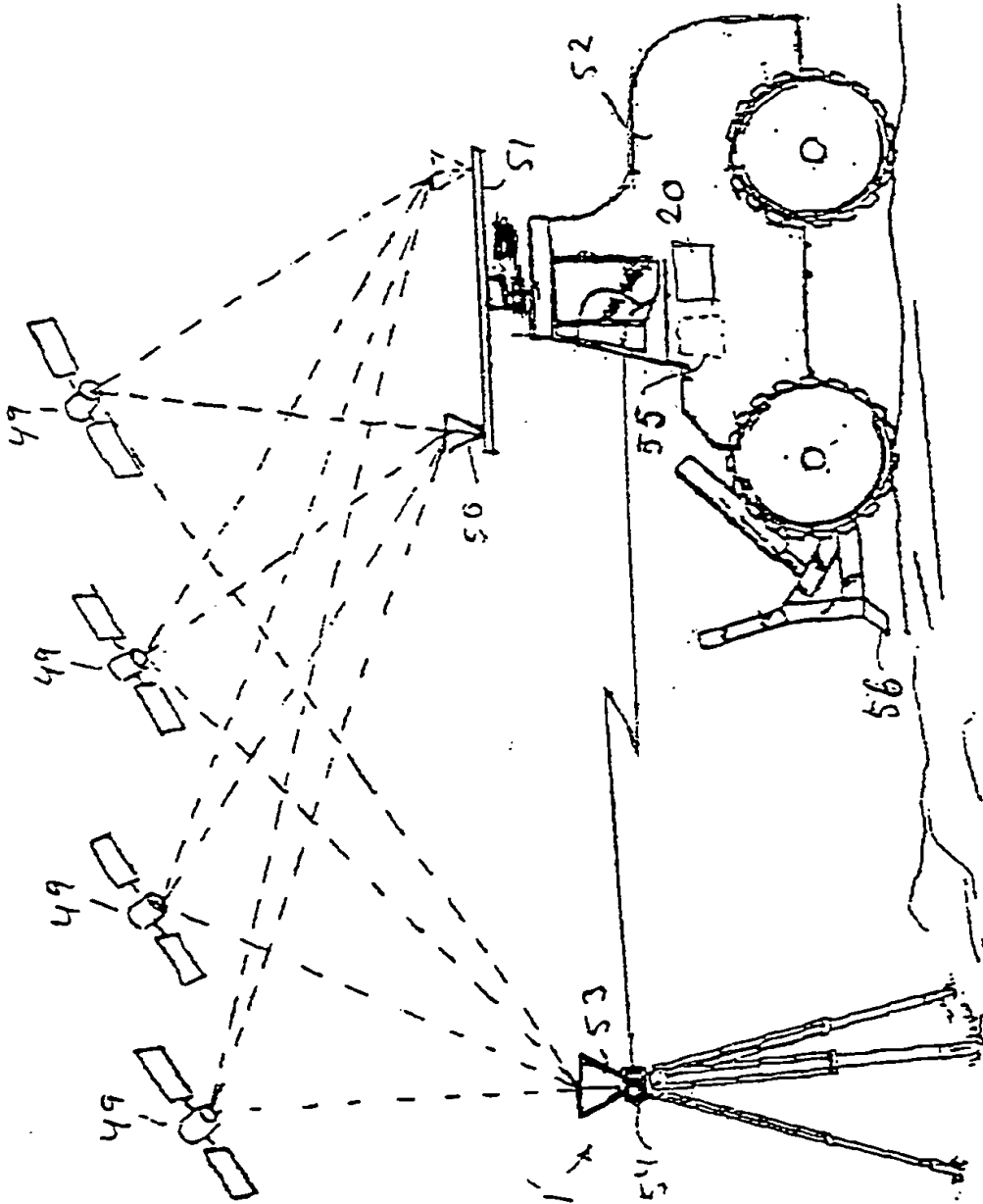


FIG 6

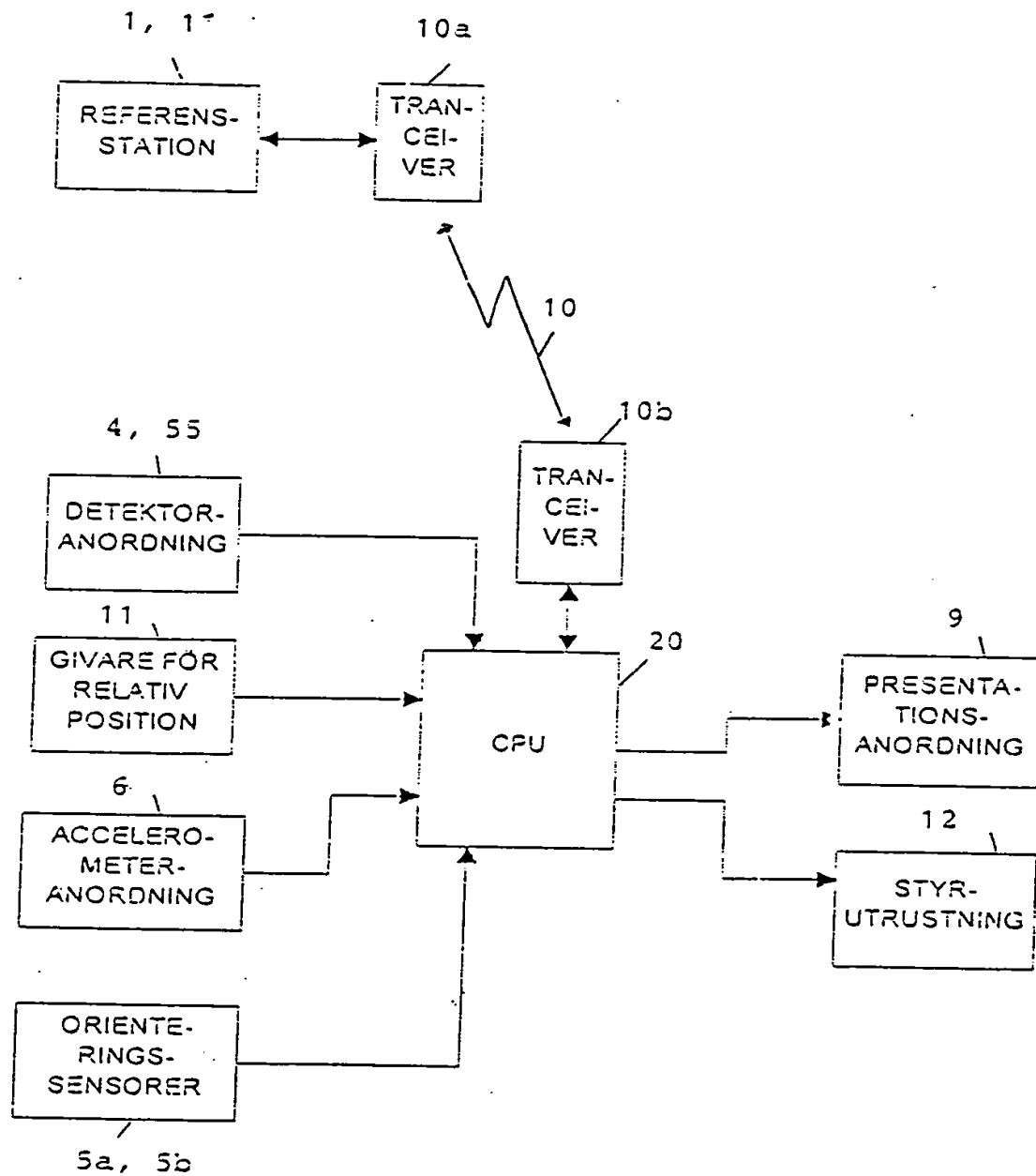


FIG 7